

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Arsitektur YOLO26 menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dalam mendeteksi kerusakan jalan multi-kelas ketika dikombinasikan dengan augmentasi data. Peningkatan tersebut terlihat pada kenaikan precision dari 72,8% menjadi 87,8% (+15,0%) yang menandakan peningkatan ketepatan prediksi dan penurunan *false positive*, serta recall dari 65,3% menjadi 85,9% (+20,6%) yang menunjukkan deteksi objek *ground truth* yang lebih lengkap. Keseimbangan performa deteksi tercermin pada peningkatan F1-score dari 68,9% menjadi 86,8% (+17,9%), sehingga hasil deteksi menjadi lebih stabil. Selain itu, kemampuan lokalisasi objek juga meningkat secara signifikan, ditunjukkan oleh kenaikan mAP50 dari 70,5% menjadi 90,9% (+20,4%) dan mAP50-95 dari 34,4% menjadi 58,4% (+24,0%). Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa penerapan augmentasi data secara efektif meningkatkan akurasi dan keandalan YOLO26 dibandingkan model tanpa augmentasi dalam mendeteksi kerusakan jalan multi-kelas.
2. Perbandingan hasil deteksi menunjukkan bahwa model tanpa augmentasi masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi kerusakan berukuran kecil dan menampilkan inkonsistensi antar kelas, baik dari jumlah deteksi maupun nilai *confidence*. Selain itu, masih sering ditemukan ketidaktepatan lokalisasi, seperti penggabungan beberapa kerusakan dalam satu *bounding box* atau pemisahan satu kerusakan menjadi beberapa deteksi. Sebaliknya, model dengan augmentasi mampu meningkatkan sensitivitas terhadap variasi bentuk dan ukuran kerusakan sehingga performa deteksi menjadi lebih merata pada seluruh kelas. Hasil uji *robustness* juga menunjukkan bahwa model dengan augmentasi memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap berbagai transformasi citra, termasuk perubahan orientasi, pencahayaan, tingkat *blur*, serta variasi warna, dengan kemampuan

mempertahankan deteksi objek utama, menghasilkan *confidence* yang lebih tinggi, dan mengurangi kesalahan klasifikasi dibandingkan model tanpa augmentasi.

5.2 Saran

1. Menggunakan dataset primer berkualitas tinggi dengan resolusi, pencahayaan, sudut pengambilan, dan variasi kondisi jalan yang representatif untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi model.
2. Mengoptimalkan strategi augmentasi, melalui penyesuaian parameter dan variasi transformasi agar ketahanan model meningkat tanpa menurunkan akurasi.
3. Mengembangkan model ke tahap deployment sebagai aplikasi deteksi kerusakan jalan berbasis web atau mobile untuk mendukung pemantauan jalan dan pengambilan keputusan pemeliharaan

